

Velké infračervené kosmické dalekohledy

Pavel Machálek

Infračervená astronomie se zabývá studiem vesmíru v rozsahu vlnových délek přibližně 0,75–300 μm (mikrometrů; 1 μm = 10^{-6}m) spektra elektromagnetického záření a doplňuje znalosti o objektu pořízené v jiných částech spektra, zejména v jeho viditelné části (vlnové délky v rozsahu asi 0,4–0,75 μm). Infračervené světlo se v astronomii nejvíce používá ke studiu mezihvězdného prachu, kterým na rozdíl od viditelného světla prostupuje, s jeho pomocí se také hledají velké a horké planety, a vzdálené galaxie s velkým rudým posuvem se jinak najít ani nedají.

Největším problémem pozemní infračervené astronomie je absorpce infračerveného záření vodními parami v atmosféře, proto jsou infračervené dalekohledy umístěny pokud možno co nejvýše v horách a v nejsušších oblastech: vrchol sopky Mauna Kea na Havaji (4 200 m), plošina Chajnantor na severu Chile (observatoř ALMA, 5 000 m) a také Dome C (3 200 m) v Antarktickém plató.

Vzhledem k absorpci infračerveného záření atmosférou se v tomto článku budu věnovat především kosmickým dalekohledům. Kosmický dalekohled Spitzer do takové míry posunul studium atmosfér planet kolem jiných hvězd (exoplanet), že budoucnost studia exoplanet patří právě infračerveným dalekohledům.

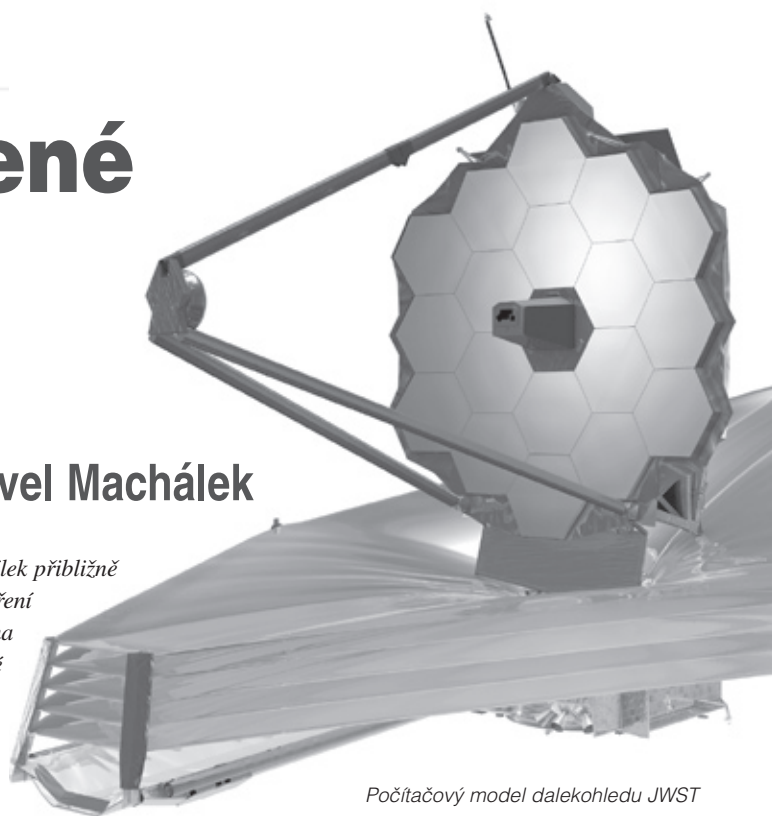
Trocha historie na úvod

Infračervené záření objevil Sir William Herschel v roce 1800, osmdesát let poté S.P. Langley vyvinul bolometr na jeho měření. Jedna z prvních astronomických pozorování byla provedeny v roce 1869 Hugginsem a sám Thomas Alva Edison pozoroval infračervené záření Arkturu v roce 1878. Německá armáda se za druhé světové války pokoušela sestrojít první detektory na bázi siričku olovnatého (PbS), které byly po válce převzaty spojenci k dalšímu vývoji. Od počátku šedesátých let našly infračervené detektory široké uplatnění jak v pozemní, tak i kosmické astronomii. Sám Carl Sagan se pokoušel pomocí jednoho z prvních balónových infračervených spektro-

skopů objevit život na Marsu. V roce 1962 vyvinul Harold Johnson dodnes používaný fotometrický systém pro infračervenou část spektra: kanál J (1,25 μm), kanál K (2,2 μm) a kanál L (3,2 μm). V polovině šedesátých let americké ministerstvo obrany vyvinulo nový typ infračervených detektorů na bázi indium antimonidu (InSb), které se používaly na špionážních družicích a v obměnách se používají dodnes.

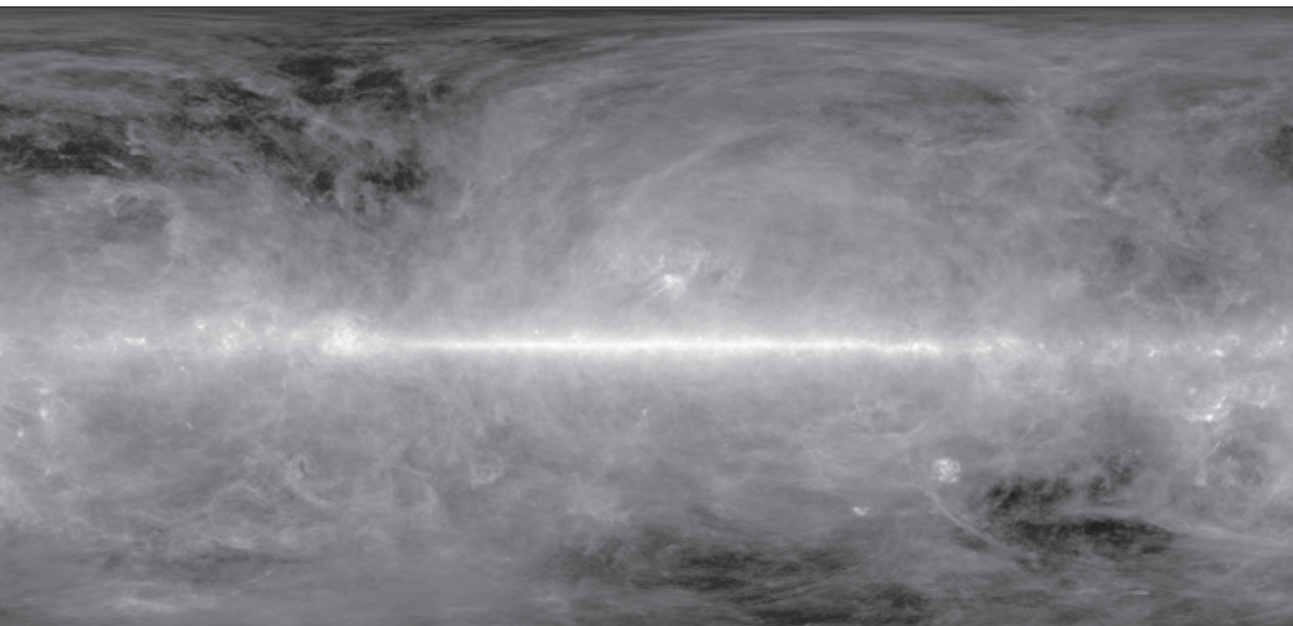
Infrared Space Observatory (IRAS)

V roce 1983 byl na polární dráhu vypuštěn předchůdce satelitu Spitzer: Infračervená kosmická observatoř (IRAS). O chlazení infračervených detektorů se staralo 500 litrů tekutého hélia, které se vypařilo za deset



Počítačový model dalekohledu JWST

Mapa infračerveného nebe sestavená na základě dat z družic IRAS a COBE. Jednotlivé bodové zdroje byly uměle odebrány, aby lépe vynikly rozsáhlé prachové struktury. Středem obrázku prochází rovina naší Galaxie, vpravo pod ní jsou vidět Magelanova mračna a ještě více vpravo oblast okolo mlhoviny v Orionu.



měsíců. Za tu dobu stihla IRAS nasnímat přes 350 tisíc objektů a poprvé uvidět jádro naší Galaxie, objevila též osm komet. IRAS posloužila jako jakási předzvěst slávy jejího nástupce.

Současnost: Spitzer Space Telescope

Počátkem 70. let 20. století začal vývoj kosmického infračerveného dalekohledu *Shuttle InfraRed Telescope Facility* (SIRTF), který měl být původně vynesena na nízkou oběžnou dráhu pomocí raketoplánu. V roce 1988 bylo ale rozhodnuto umístit SIRTF na vyšší oběžnou dráhu, kde dalekohled bude obíhat kolem Slunce s mírným zpožděním za Zemí.

Montáž dalekohledu začala v roce 1997, k jeho vypuštění došlo v roce 2003. Více než dvacet let vývoje se završilo a dalekohled nové generace byl krátce po startu přejmenován na *Spitzer Space Telescope* na počest Lymana Spitzera, jednoho z průkopníků studia mezihvězdné hmoty.

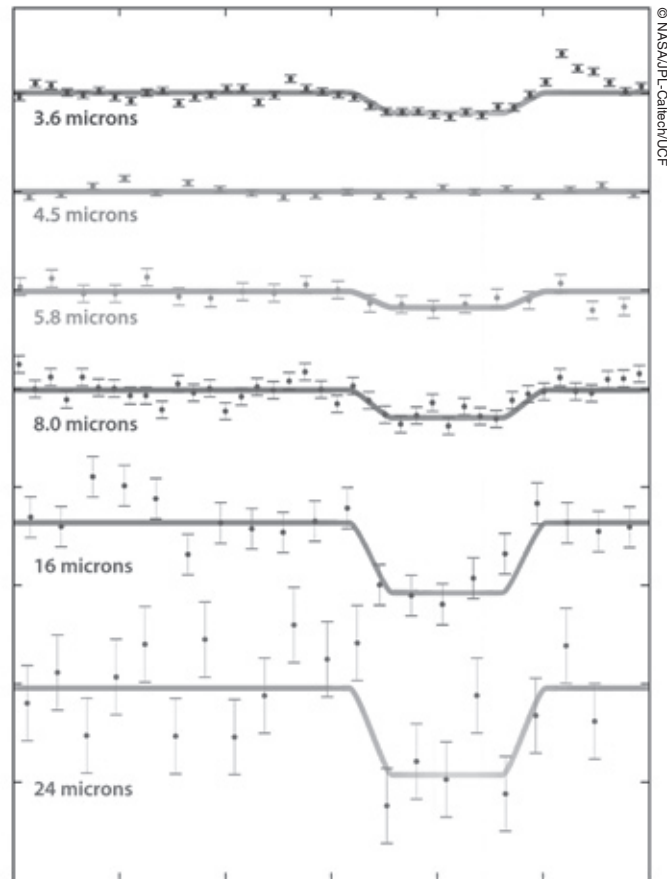
Vzhledem k tomu, že infračervené vyzařování dalekohledu by mohlo ovlivnit detektory, celý dalekohled byl až do roku 2009 chlazen 350 litry tekutého helia, které se postupně vypařovalo. Oběžná dráha byla zvolena tak, aby dalekohled nebyl ovlivněn tepelným zářením Země a nedocházelo k zákrytům Zemí. Dalekohled se postupně vzdaluje od Země, za pět let urazil přes 0,6 astronomické jednotky. Detektorové vybavení představují 3 sady instrumentů: širokospektrální snímáči pracující ve vlnových délkách od 4 do 8 μm , která disponuje čtyřmi filtry, dále spektrograf pro vlnové délky od 5 do 38 μm a nakonec širokopásmová kamera pro vlnové

délky 24, 70 a 160 μm . Svým detektorovým vybavením, oběžnou dráhou daleko od Země, a tedy stabilním teplotním prostředím, a také aktivním chlazením posunul dalekohled Spitzer infračervenou kosmickou astronomii opět o generaci dále.

Za necelých sedm let učinil Spitzer několik průkopnických objevů: v roce 2005 poprvé přímo změřil infračervené záření exoplanetárních horkých Jupiterů HD 2094568b a TrES-1, objevil jednu z nejmadších hvězd L104 a dále podnikl nespočetná pozorování mladých hvězdných objektů (YSOs, *Young Stellar Objects*), struktury naší vlastní Galaxie i ostatních galaxií, ale třeba i objev dalšího prstence Saturnu, který dosahuje až k oběžné dráze měsíce Phoebe.

Poté, co došla zásoba helia pro chlazení, byla mise dalekohledu Spitzer prodloužena o další dva roky. Od objevení prvního přímého záření od exoplanety v roce 2005 byl Spitzer často používán ke studiu atmosfér horkých Jupiterů, zejména ke studiu teplotních profilů horních částí jejich atmosfér pomocí zákrytů planety za hvězdou. Tímto způsobem bylo prozkoumáno přibližně třicet horkých Jupiterů a připravují se nová pozorování pro již osmou pozorovací sezónu.

Dalším průkopnickým objevem Spitzera bylo sestrojení vůbec první emisní mapy exoplanety v roce 2007 a další pozorování dynamických atmosfér (neboli počasí) horkých Jupiterů se chystá. Dalekohled Spitzer dále poprvé objevil molekuly oxidu uhelnatého (CO), oxidu uhlí-



Světelné křivky zákrytu GJ 436b hvězdou, okolo níž tato exoplaneta obíhá, pořízené Spitzerem v několika vlnových délkách infračerveného záření. Toto pozorování umožňuje určit přímo intenzitu světla pocházejícího od exoplanety (odečtením jasnosti během zákrytu a mimo něj). Je vidět, že v různých vlnových délkách září exoplaneta různě.

tého (CO₂) a vodní páry v atmosféře horkých Jupiterů. Nedělejme si však naděje, že by na těchto superhorkých (1000–3000 °C) plynných obrech snad mohl existovat nějaký život: je zde příliš horko, neexistuje pevný povrch a uhlíku na stavbu buněk taky moc nezbývá.

Dalekohled Spitzer definitivně nastolil novou éru ve studiu exoplanet: teď už nestačí jen určit hmotnost a poloměr exoplanety pomocí radiálních křivek a tranzitní metody, pomocí dalekohledů jako Spitzer můžeme poprvé poměrně přesně určit složení a teplotní strukturu atmosfér horkých plynných planet kolem blízkých hvězd.

A budoucnost: JWST

Přibližně v roce 2014 se chystá vypuštění nástupce Hubbleova kosmického dalekohledu: *James Webb Space Telescope*, pojmenovaném podle prvního šéfa NASA. Jedná se o obří projekt, který je ve vývoji už více než deset let, po vypuštění to bude největší dalekohled v kosmu. Segmentované

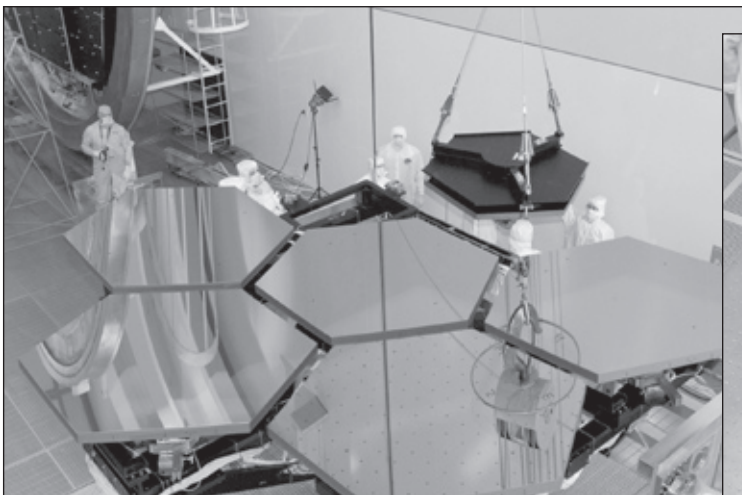


Spitzerův vesmírný dalekohled

Pavel Machálek, PhD (*1981)

V dizertační práci na univerzitě v Baltimore se věnoval studiu atmosfér horkých Jupiterů. Nyní působí v NASA Ames Research Center v Kalifornii v týmu kosmického dalekohledu Kepler. Email: pavel@jhu.edu

© Lockheed Martin



Ve srovnání s lidmi vynikne velikost primárního zrcadla pro JWST...

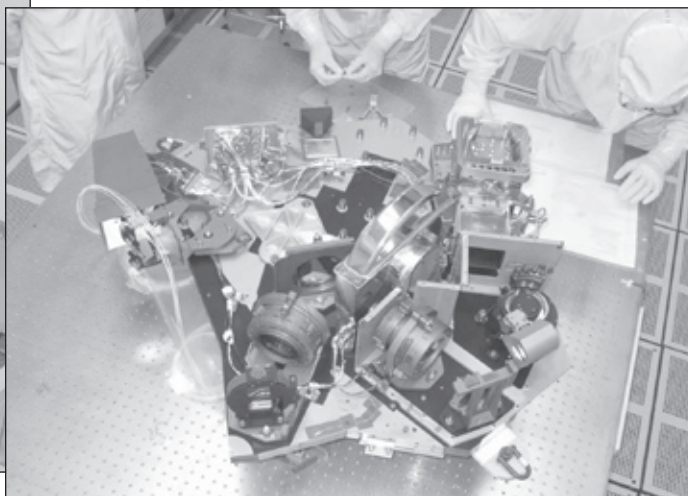
hlavní zrcadlo z berylia bude poskytovat velkou plochu pro zachycení těch nejslabších galaxií a hvězd. Na rozdíl od Hubbleova dalekohledu budou však všechny kamery a spektrografy na JWST pracovat pouze v infračerveném pásmu, a detektory bude tedy nutno nějakým způsobem chladit, aby nedocházelo k jejich ovlivňování infračerveným vyzařováním samotného dalekohledu. Dalekohled JWST bude tedy umístěn daleko od Země v Lagrangeově libračním bodě a navíc bude vybaven několikavrstevným slunečním štítem velikosti tenisového kurtu, který se po dosažení Lagrangeova bodu rozvine jako kopretina.

Ve všech směrech bude tento nástupník Hubbleova dalekohledu revoluční: umožní studia nejvzdálenějších galaxií, nahlédne do kolébky nejmladších hvězd a samozřejmě posune studia atmosfér exoplanet opět o generaci dál. Očekává se, že JWST by měl být schopen určit spektrum atmosféry super-Zemí (tedy planet s poloměrem přibližně mezi 1 až 3 poloměry naší Země), které by se mohly nacházet kolem nejbližších hvězd. Ve spektrálním pásmu mezi 11 a 15 μm se JWST pokusí nalézt absorpční čáry oxidu uhličitého (CO_2) a také absorpci vodní páry či vody mezi 1,7 a 3 μm . Pokud jsou předpovědi správné, okno studia atmosfér exoplanet zemského typu se nám poprvé otevře úplně dokořán a hledání života na jiných světech se tak opět o krok posune.

WFIRST

Každých deset let Americká akademie věd vypracovává obsažnou zprávu, která stanovuje priority astrofyzikálního výzkumu na další desetiletí a určuje, které kosmické mise mají pokračovat ve vývoji a které se

...a i jeden z jeho detektorů, kamera NIRCcam, není žádný mrňous



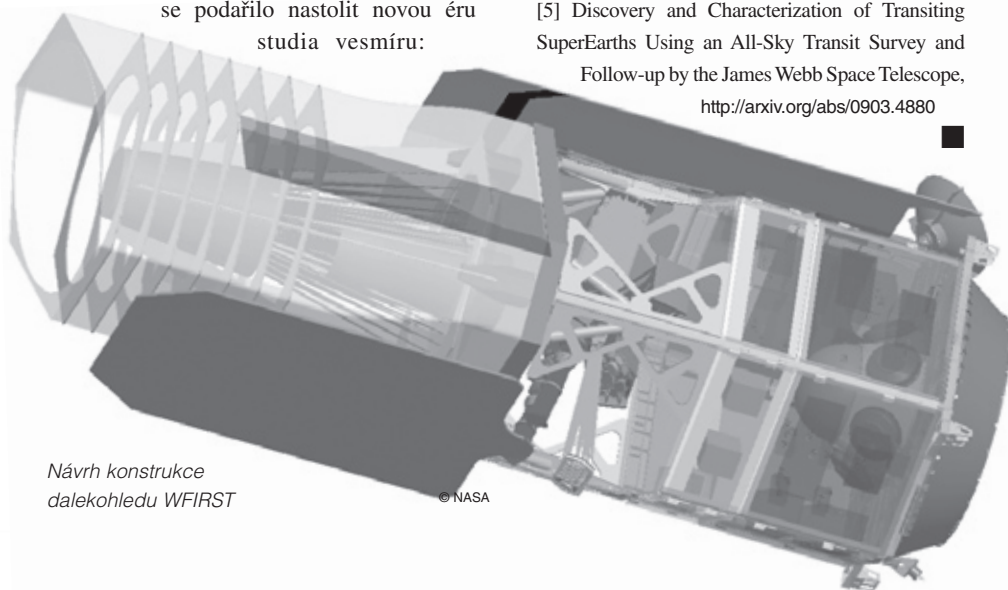
© Lockheed Martin

mají naopak zrušit pro překročení rozpočtu či zastarání technologie. Nová zpráva hrdě nazvaná „Nové světy a nové horizonty v astronomii a astrofyzice“ pro desetiletí 2010–2020 právě vyšla a je na co se dívat.

Jednoznačně nejvyšší prioritou je nalézt planety zemského typu a pokusit se zjistit složení jejich atmosfér. Komise, která zprávu vypracovala, předpokládá, že dalekohled Kepler objeví několik planet zemského typu v malé části oblohy v souhvězdí Labutě, a proto navrhla nástupce Keplera ve formě mise *Wide-Field Infrared Survey Telescope* (WFIRST) – Infračervený průzkumný dalekohled se širokým polem. WFIRST bude použit na studium struktury galaxií a temné energie a zároveň bude jeho široké pole použito k objevování exoplanet pomocí metody mikročoček. Start dalekohledu se zrcadlem o průměru 1,5 m se má uskutečnit v roce 2020.

Závěrem

Infračerveným kosmickým dalekohledům se podařilo nastolit novou éru studia vesmíru:



Návrh konstrukce dalekohledu WFIRST

© NASA

od studia prstenců Saturnu v naší sluneční soustavě, přes chemické složení a počasí atmosfér exoplanet kolem nejbližších hvězd, studia nejmladších hvězd, mezihvězdné hmoty, infračervené mapy naší Galaxie až po studium struktury vesmíru. Můžeme očekávat, že s nástupem JWST a WFIRST se máme na co těšit.

Literatura:

- [1] Spitzer Space Telescope Handbook, *Spitzer Heritage Archive Documentation*, http://ssc.spitzer.caltech.edu/spitzermission/missionoverview/spitzertelescopehandbook/Spitzer_Telescope_Handbook.pdf
- [2] F.J. Low, G. Rieke, a R. Gehrz: The Beginning of Modern Infrared Astronomy, *Annual Review of Astronomy and Astrophysics* **45** (2007) 43–75.
- [3] G. Rieke: Infrared Detector Arrays for Astronomy, *Annual Review of Astronomy and Astrophysics* **45** (2007) 77–115.
- [4] Astrophysics Committee for a Decadal Survey of Astronomy and Astrophysics, *National Research Council* (2010) 0–6. http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=12951
- [5] Discovery and Characterization of Transiting SuperEarths Using an All-Sky Transit Survey and Follow-up by the James Webb Space Telescope, <http://arxiv.org/abs/0903.4880>